

Graphische und akustische Darstellung von Gelenk- und Sehnengeräuschen in der Diagnostik

Jürgen Michael

—

1978

—

AUS DER CHIRURGISCHEN ABTEILUNG DES KREISKRAN-
KENHAUSES NITTENAU/OPF.

CHEFARZT: DR. G. PROSKE

GRAPHISCHE UND AKUSTISCHE DARSTELLUNG
VON GELENK- UND SEHNENGERÄUSCHEN
IN DER DIAGNOSTIK

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Jürgen Michael
München
1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. R. Bedacht

Mitberichterstatter: Prof. Dr. G. Heberer

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 17.10.1978



Inhaltsübersicht

A. Vorwort und Einleitung	1
B. Methodik und Material	3
C. Besondere Geräuschbefunde an den einzelnen Gelenken	4
I. <u>Die Geräusche der Halswirbelsäule und des Atlantooccipitalgelenks</u>	8
a. Einleitung	8
b. Methodik	8
c. Ergebnisse	9
d. Kasuistik	11
II. <u>Gelenkgeräusche an den oberen Extremitäten</u>	15
1. Fingergelenke	15
2. Handgelenk	15
3. Ellenbogengelenk	18
III. <u>Gelenkgeräusche an den unteren Extremitäten</u>	25
1. Hüftgelenk	25
a. Einleitung	25
b. Methodik	25
c. Ergebnisse	26
d. Kasuistik	29
2. Kniegelenk	33
a. Einleitung	33
b. Methodik	33
c. Ergebnisse	35
d. Kasuistik	40
D. Sehnengeräusche	48
a. Einleitung	48
b. Methodik	49
c. Ergebnisse	50
d. Kasuistik	50
E. Diskussion	52
F. Zusammenfassung	61
G. Literaturverzeichnis	62
H. Lebenslauf	69

Vorwort und Einleitung

Die Erhebung von akustischen Befunden am Herzen, an der Lunge und auch am Darm gehört zu den bewährten Hilfsmitteln der Diagnostik.

Auch bei den Bewegungen der Gelenke und Sehnen entstehen Geräusche. Manchmal sind sie sehr laut, ein andermal haben sie einer Krankheit den Namen gegeben: Tendovaginitis crepitans.

Legt man nun ein Stethoskop auf ein bewegtes Gelenk, so wird man auch die feineren Gelenkgeräusche vernehmen und das geübte Ohr wird sich bald in das Leben in dem "Organ Gelenk" hineinhorchen können.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, aufzuzeigen, welche Gelenkgeräusche bei den verschiedenen Erkrankungen des Bewegungsapparates auftreten.

Um den akustischen Befund dokumentieren zu können, wurde der Schall mit Hilfe eines Phonokardiographen aufgezeichnet. Man muß sich jedoch immer dessen bewußt sein, daß der akustische Befund, den der Arzt direkt am Patienten gewinnt, um Vieles aussagekräftiger ist.

Untersucht wurden Gelenke gesunder und kranker Patienten aus dem unsortierten Krankengut einer chirurgischen Abteilung. Es wurde so gehandhabt, daß bei der üblichen Anamneseerhebung und Aufnahmeuntersuchung eines Patienten die Hand-, Ellenbogen-, Knie- und Hüftgelenke auf eventuelle Krepitation mituntersucht wurden. Für diese Arbeit Verwendung fanden aber nur Befunde, bei denen ein Röntgenbild zum Vergleich vorhanden war. Geräuschaufzeichnungen an gesunden Gelenken dientem dem Ver-

gleich und der Erstellung einer Norm. An kranken Gelenken wurden hauptsächlich das arthrotische und präarthrotische Gelenk, weiter das Gelenk nach Verletzungen, Ruhigstellung und Erguss untersucht.

Die akustische Aufzeichnung geschah mit einer üblichen Tonbandkassette. Das Ergebnis war so, wie auch ein mit einem Stethoskop bewaffnetes Ohr die Gelenkgeräusche wahrnimmt.

Die graphische Aufzeichnung geschah mit einem handelsüblichen Phonokardiographen der Firma Hellige mit abgewandeltem Spezialmikrofon.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß es sich lohnt, vor Anfertigung eines Röntgenbildes zur Erweiterung der klinischen Diagnostik auf das Gelenkgeräusch zu achten. So wird der Untersucher in manchen Fällen wissen, welchen Befund er vom Röntgenbild zu erwarten hat.

Methodik

Die Auskultation mit dem Stethoskop oder Auflegen der Hand auf das untersuchte Gelenk hat den Vorteil einfacher Handhabung, unmittelbarer erlebnishafter Wahrnehmung und enger Verbindung zwischen Arzt und Patient. Der Arzt hat die Möglichkeit, neben dem reinen Schallbefund oder der Schallaufzeichnung viele weitere Fakten zur Kenntnis zu nehmen:

1. Anamnese, z. B. Schmerzangabe
2. Sichtbefund, z. B. Schwellung oder Rötung
3. Tastbefund bei der Bewegung der Gelenke (fühlbare Krepitation)
4. Beobachtung des Patienten, z. B. zurückhaltende Bewegungshemmung durch Schmerz.

Die graphische Aufzeichnung mit dem Phonokardiographen

Ziel ist es, die Gelenkgeräusche möglichst wirklichkeitsgetreu aufzuzeichnen, etwa wie es durch ein Stethoskop vermittelt wird.

In der Physik wird Schall definiert als mechanische Wellen in einem bestimmten Frequenzbereich, der durch die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres gegeben ist (62). Die Fortleitung des Schalls ist in gasförmiger, flüssiger und fester Materie möglich. Bei den hier beschriebenen Geräuschuntersuchungen handelt es sich hauptsächlich um eine Schalleitung innerhalb fester Materie, hauptsächlich des Knochens, des Muskels, Fett- und Bindegewebe und Haut.

Die Leitfähigkeit des Schalls in diesen Geweben ist sehr verschieden: innerhalb des Knochens ist die Leitfähigkeit sehr gut, in Muskel, Binde- und Fettgewebe schlecht. Bei den vorliegenden Untersuchungen wird von dieser Eigenart Gebrauch gemacht: der Schallabnehmer

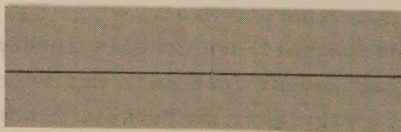
wird jeweils an Stellen angebracht, wo der Knochen dicht unter der Haut hervortritt. Die gute Schalleitfähigkeit des Knochens ist eindrucksvoll demonstrierbar. Ein am rechten Fußknöchel durch Klopfen mit dem Finger erzeugtes Geräusch ist über die Knochenleitung - rechtes Bein - Becken - linkes Bein - mit dem Stethoskop noch deutlich über dem linken Knöchel hörbar.

Neben der Lautstärke ist auch die Frequenz der Gelenkgeräusche von Interesse. Das menschliche Ohr vernimmt Töne mit einer Frequenz von etwa 16 bis 20.000 Hz. Die Geräusche, die an den Gelenken hörbar sind, haben eine Frequenz von 50 bis 400 Hz (4). Zum Vergleich: die menschliche Stimme hat eine Frequenzbreite von ca. 60 bis 1.050 Hz, Musik 20 bis 20.000 Hz.

An den Gelenken und am Bewegungsapparat selbst entstehen die verschiedenartigsten Geräusche, die von Gelenk zu Gelenk und auch bei den verschiedenen krankhaften Veränderungen typisch sein können. Sie lassen sich mit Worten charakterisieren und ergeben auch typische Schallkurven:

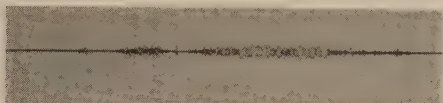
Ein Knacksen, wie es z. B. im Handgelenk auftritt, stellt sich als isolierte, mehr oder wenig hohe, einzelne Zacke dar:

Abb. 1



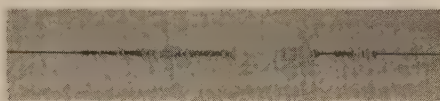
Ein Reiben, wie es z. B. beim arthrotischen Kniegelenk über der Patella hörbar ist, wird als eine enge Anhäufung von Einzelzacken geschrieben.

Abb. 2



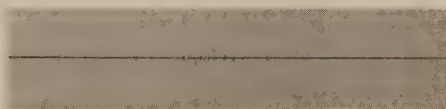
Das Schallbild des Knirschens sieht dem des Reibens ähnlich, es ist hauptsächlich an Sehnen bei der Tendovaginitis crepitans oder beim gichtigen Gelenk hörbar. Das Geräuschbild unterscheidet sich von dem des Reibens allenfalls durch Unregelmäßigkeit im Gesamtbild und der Höhe der einzelnen Zacken.

Abb. 3



In stark arthrotischen Hüftgelenken ist gelegentlich ein Geräusch hörbar, das annähernd als Rumpeln zu beschreiben ist, was ein Zeichen stark deformierter Gelenkflächen ist. Die Schallkurve zeigt dann gehäufte, isolierte Ausschläge mit hoher Amplitude.

Abb. 4



Quietschende Geräusche entstehen ähnlich dem Knirschen ebenfalls an Sehnen und an gichtigen Gelenken. Das Schallbild ist ähnlich.

Zur Dokumentation des Schalls wurde ein Phonokardiograph der Firma Hellige verwendet. Das Gerät besaß einen Dreifachschreiber, wobei ein Kanal für das EKG, zwei Kanäle für die Herzschriftschreibung vorgesehen sind. Nur die zur Herzschriftschreibung vorgesehenen Kanäle sind für die Gelenkschriftschreibung verwendet worden, obwohl auch die Verwendung des EKG-Teils denkbar wäre.

Das zur Herzschriftschreibung vorgesehene Mikrofon ist wegen seines hohen Gewichtes ungeeignet, die Firma Hellige stellte uns freundlicherweise eine Sonderanfertigung nach eigenen Angaben zur Verfügung. Dieses Mikrofon hatte einen Durchmesser von 3,2 cm und eine Höhe von nur 0,6 cm, ähnelt also weitgehend einem Stethoskop.

Das Gerät ermöglicht eine Bevorzugung bzw. eine Unterdrückung hoher oder tiefer Frequenzen, weiterhin ist eine Kontrolle des aufgenommenen Schalls mit Hilfe eines Ohrhörers möglich. Durch Versuche wurde herausgefunden, daß das Ergebnis der Aufzeichnung dem Hörbefund am ähnlichsten war, wenn die hohen Frequenzen bevorzugt wurden.

Wegen Trägheit des Schreibers ist eine Aufzeichnung

von Tönen bis zu einer Frequenz von nur 270 Hz möglich, das heißt, der Zeiger schreibt maximal 270 Ausschläge in der Sekunde. Hat der Schall eine höhere Frequenz, z. B. 400 Hz, so werden dennoch nur 270 Hz aufgezeichnet.

Vorgang der Aufzeichnung

Von den drei am Phonokardiographen nutzbaren Schreibern wurde nur der mittlere benutzt, die Amplitude des oberen und unteren Schreibers wurde auf Null gestellt. Die Amplitude des benutzten Schreibers wurde auf $1/2$ gestellt und so bei allen Aufnahmen beibehalten. So ist eine gewisse Vergleichbarkeit der Lautstärke der an den einzelnen Gelenken erhaltenen Geräusche möglich.

Es hat sich als günstig herausgestellt, das Mikrofon von Hand, wie ein Stethoskop, an die untersuchte Stelle anzuhalten. Mit einiger Erfahrung treten dann kaum noch Nebengeräusche durch Reibung an der Haut auf, auch lassen sich Nebengeräusche mit Hilfe der Kontrolle durch den Ohrhörer sofort erkennen. Ist die Haut rauh oder behaart, so entstehen leicht Nebengeräusche: hier empfiehlt sich die Anfeuchtung mit Wasser oder die Entfernung der Haare.

Wie und wo das Mikrofon bei den einzelnen Gelenken angelegt wird, soll in den entsprechenden Kapiteln beschrieben werden.

Es soll noch erwähnt werden, daß das Gelenkgeräusch auch auf Tonband aufgenommen werden kann. Um eine möglichst originalgetreue Aufnahme zu erhalten, wurde direkt an den Schlauch eines Stethoskopes ein hochempfindliches Kondensatormikrofon mit Kassettenrekorder angeschlossen.

Die Geräusche der Halswirbelsäule und des Atlantooccipitalgelenkes

Einleitung

Befindet man sich in einem geräuscharmen Raum, und dreht den Kopf hin und her, so hört man über die Knochenleitung des eigenen Schädels ein feines, bewegungssynchrones Reiben. Ursache dieses Reibens ist die Artikulation im Atlantooccipitalgelenk. Dieses Geräusch kann durch krankhafte Veränderungen wesentlich verstärkt sein.

Methodik

Das Stethoskop oder Mikrofon wird mit Hilfe eines Gummibandes fest auf die Stirn gepresst (Abb. 5). Die Knochenleitung über den Schädel ermöglicht eine Aufzeichnung auf Tonband oder eine Aufzeichnung direkt auf das Schreibgerät. Bei der Untersuchung der Halswirbelsäule ist eine Befestigung des Tonabnehmers direkt am Halse nicht möglich (Haare, Bewegungen). Das auf Tonband aufgenommene Geräusch kann z. B. im Selbstversuch verglichen werden mit dem Geräusch, das man über Knochenleitung im eigenen Ohr vernimmt.

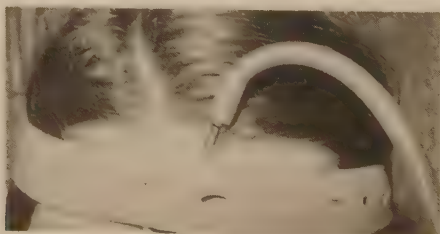


Abb. 5

Ergebnisse

Die Geräusche des Atlantooccipitalgelenkes und der Halswirbelsäule bei Rotation bzw. Beugen und Strecken ähneln sich in gesunden Gelenken und unter einheitlichen Versuchsbedingungen weitgehend. Bei Rotation ist während des gesamten Bewegungsablaufes ein feines Reiben (wie Knorpel gegen Knorpel) hörbar. Wird die Bewegung durch Knochen- und Bänderhemmung beendet, verstärkt sich das Geräusch bis zum Halt der Bewegung.

Abb. 6
Rotation des
Kopfes



Pathologische Geräusche der HWS

Sie sind beim HWS-Syndrom zu erwarten und treten dann auch fast immer auf. Bei der Untersuchung kommt allerdings manchmal erschwerend hinzu, daß bei einem Patienten mit HWS-Beschwerden oft eine Bewegungshemmung durch Schmerz besteht, so daß der Patient die zur Geräuschbildung erforderlichen Bewegungen nicht vollführen mag. Dennoch weist das Bewegungsgeräusch bei Patienten mit HWS-Syndrom einige Besonderheiten auf. Es ergeben sich nämlich neben dem normalen leisen Reibegeräusch des Atlantooccipitalgelenkes verstreute, gröbere Geräusche, die von der Bewegung in der HWS ihren Ursprung haben können.

Die Probanden ohne HWS-Beschwerden zeigten ohne Ausnahme ein Schallbild wie oben dargestellt (Abb. 6). Bei den Patienten mit HWS-Beschwerden entsteht der Eindruck, daß die Intensität der zusätzlichen Geräusche wie zu erwarten zunimmt mit der Schwere der klin. Beschwerden und der path. Veränderungen im Röntgenbild.

Tabelle 1 zeigt einen Vergleich des Röntgenbefundes mit dem Krepitationsbefund bei 31 Patienten verschiedener Altersstufen. Man erkennt, daß in der Gruppe der 40- bis 60jährigen von 14 untersuchten Patienten sich bei 10 Patienten ein auffälliger Geräuschbefund zeigte, daß aber nur bei 4 Patienten röntgenologisch ein Cervikalsyndrom sicher auszumachen war.

Der Geräuschbefund scheint also gerade bei der interessantesten Altersgruppe die Diagnose zu unterstützen.

bis 40 Jahre 40 bis 60 J. 60 bis 80 J.

=====

geröntgte HWS	7	14	10
davon positiv	0	4	8

davon mit hör- und dokumentier- barer Krepitation	1	6	7
---	---	---	---

Kasuistik

Patient St., Norbert

25 Jahre, ohne feststellbare Veränderungen der HWS. Man erkennt während der Drehbewegung des Kopfes leise Reibegeräusche während des gesamten Bewegungsablaufes und eine Zunahme des Gelenkgeräusches im Atlantooccipitalgelenk bei Bänder- und Knochenhemmung der Drehbewegung.



Abb. 7a

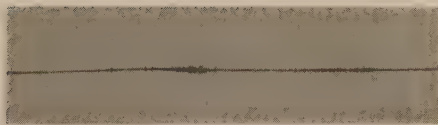


Abb. 7b

Patient St., Philipp

51 Jahre, mit HWS-Schleudertrauma vor vier Jahren. Parästhesien in beiden Armen, Bewegungseinschränkung der rechten Hand. Durchblutungsstörung des rechten Armes (Blaufärbung).

Das Röntgenbild zeigt neben Spondylose und Bandscheibendegeneration die Folgen des Unfalls am Übergang von der Hals- zur Brustwirbelsäule. Die Aufzeichnung des Gelenkgeräusches unterscheidet sich vom Normalgeräusch durch mehrere höhere Zacken, der Patient selbst beschreibt es als ein Rumpeln in der unteren HWS.



Abb. 8a



Abb. 8b



Abb. 8c

Patientin St., Karoline

90 Jahre, ausgeprägte Osteoporose der HWS, Ausziehungen an den Wirbelecken, z. T. starke Bandscheibenversmälnerungen. Die Beweglichkeit des Kopfes ist stark herabgesetzt. Das bei Drehbewegungen der HWS entstehende Geräusch ist so stark, daß es an ein arthrotisches Kniegelenk erinnert.

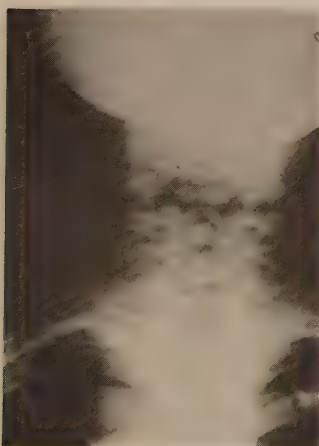


Abb. 9a

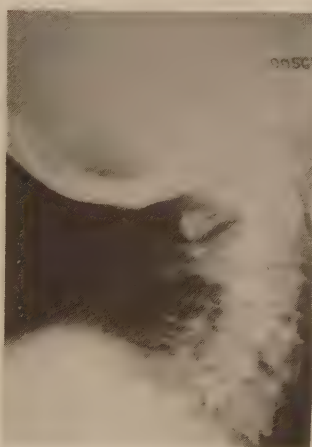


Abb. 9b

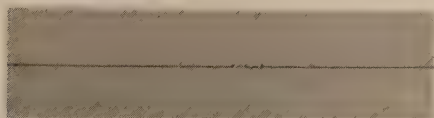


Abb. 9c

Patientin L., Kreszenz

70 Jahre, mäßige Verschleißerscheinungen im Sinne eines HWS-Syndroms. Man erkennt hier neben dem in Abb. 10 c sichtbaren Normalgeräusch der HWS auch größere Geräusche, die auch von der Patientin berichtet werden. Bei Therapie mit der Streckpumpe nahmen wir bei der Patientin ebenfalls das Gelenkgeräusch auf: man erkennt ein Verbleiben der groben Geräuschanteile bei einem Zug von ca. 3kg.



Abb. 10a

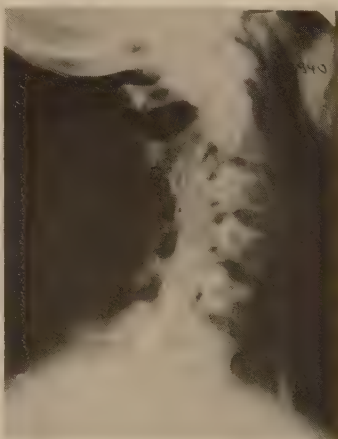


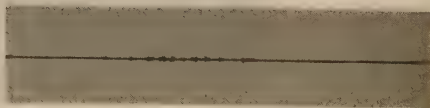
Abb. 10b

Abb. 10c



Abb. 10d

während Therapie mit
der Streckpumpe

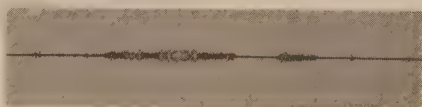


Die Gelenkgeräusche an der oberen Extremität

Untersucht wurden die Fingergrundgelenke, das Handgelenk und das Ellbogengelenk.

An den Fingergelenken, besonders am Grundgelenk, sind beim Gesunden nur wenige Gelenk- und Sehnen-geräusche hörbar. Ein ausgezeichneter Befund läßt sich jedoch beim akuten Gichtanfall erheben. Legt man das Stethoskop oder das Mikrofon direkt auf das entzündete Gelenk und läßt den Patienten aktiv bewegen, so ist ein lautes, reibendes Geräusch hörbar, etwa so, als würde man ein Sandpapier auf einer Glasscheibe reiben. Das Geräusch ist so laut, daß es auch noch in Höhe des Handgelenkes hörbar ist. Zu erklären wäre die Entstehung des Geräusches durch die Veränderung der Synovia, akute Schädigung des Gelenkknorpels, Veränderung des peritendinösen Gewebes und eventuell auch durch ein Aneinanderreiben der durch Harnsäurekristalle durchsetzten Gelenkknorpel und Sehnen-scheiden.

Abb. 11a
Beugung im Dau-
mengrundgelenk



Am Handgelenk sind immer - auch beim gesunden Handgelenk - recht laute Geräusche hörbar. Sie dringen besonders bei Rotationsbewegungen, auch über Luftleitung, an das unbewaffnete Ohr. Man vernimmt ein helles Knacksen, das mit entsprechenden schmerzlosen Empfindungen des Untersuchten einhergeht. Legt

man nun das Stethoskop z. B. auf das distale Radiusende, so vernimmt man zahlreiche weitere Geräusche.

Im Gegensatz zum Knie- und Hüftgelenk, an dem vermehrte Gelenkgeräusche einen krankhaften Zustand des Gelenkes anzeigen, ist beim Handgelenk ein lebhaftes Gelenkgeräusch der Normalbefund. Die Menge der Gelenkgeräusche am Handgelenk läßt sich erklären durch die Vielzahl der artikulierenden Gelenkflächen: es sind hier die gelenkigen Verbindungen zwischen Radius, Ulna und Handwurzelknochen etwa zwanzig.

Es läßt sich so eine Tabelle aufstellen, aus der hervorgeht, daß die Gelenkgeräusche mit der Zahl der artikulierenden Flächen zunehmen.

1. Handgelenk: Insgesamt etwa 20 Gelenkflächen.
2. Supinations- und Pronationsbewegung des Vorderarmes: hier bewegt sich das Ellenbogen- und das prox. Handgelenk: insgesamt acht Gelenkflächen.
3. Kniegelenk: Insgesamt vier Gelenkflächen.
4. Hüftgelenk: Nur zwei Gelenkflächen, dazu kommt hier noch ein langsamer Bewegungsablauf.

Pathologisch beim Handgelenk ist das Fehlen oder das verminderte Gelenkgeräusch, wobei man sich zum Vergleich am kontralateralen Gelenk orientiert. Ein Fehlen der Geräusche am Handgelenk tritt auf:

1. Bei Schwellung des Handgelenkes (z. B. Distorsion)
2. Nach längerer Ruhigstellung (z. B. Gips)

Bei geringeren Befunden verschwinden zuerst die höherfrequenten Geräusche (Reiben, Quietschen), während die groben Geräusche (Rumpeln, Krachen) noch erhalten bleiben können.

Kasuistik

Patient M., Jürgen

32 Jahre. Vor sechs Jahren Sturz auf die linke Hand. Seitdem rezidivierende Schwellung und Schmerz, der auf eine Verletzung des Kahnbeins zurückgeführt werden kann. Im Zustand der Schwellung unterscheidet sich das Geräuschbild bei Rotation der Hand deutlich: es ist allgemein vermindert und dumpfer.



Abb. 12a

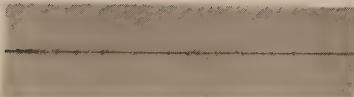


Abb. 12b, schwellungs-
freies Intervall

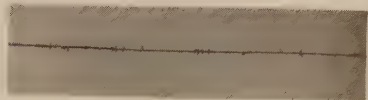


Abb. 12c, abgeleitet im
Zustand mäßiger Schwellung

Am Ellenbogen sind zwei Bewegungen möglich: zum Einen Beugen und Strecken im Ellenbogengelenk, dann die Rotationsbewegung des Radiusköpfchens um das Ligamentum anulare radii. Die Auskultation des Ellenbogengelenks gestaltet sich am günstigsten, wenn man das Stethoskop oder das Mikrofon über dem Olekranon an der Ulna anlegt. So ist der Untersucher nicht gezwungen, den Bewegungen des Vorderarmes zu folgen.



Abb. 13
Prüfung der Gelenk-
geräusche am Ellen-
bogen

Die Bewegung des gesunden Ellenbogengelenks geht - zumindest bei der Beuge- und Streckbewegung - mit nur wenig Geräusch vor sich. Wir haben am Ellenbogengelenk einige pathologische Veränderungen registriert, die eine besondere Untersuchung lohnend machen.

Tabelle 2 zeigt einen Vergleich des Röntgenbefundes mit dem Krepitationsbefund bei 45 Patienten verschiedener Altersgruppen. In der Gruppe der 40- bis 60- jährigen erkennt man eine deutliche Überlegenheit des Krepitations- zum Röntgenbefund: von 17 untersuchten Patienten war dort verstärktes Krepitisieren nachweisbar, der Röntgenbefund hingegen war nur 2mal positiv, und zwar handelte es sich in beiden Fällen um freie Gelenkkörper.

bis 40 Jahre 40 bis 60 J. 60 bis 80 J.

=====

geröntgte Ellenb.	22	17	6
davon pos.	1	2	5

davon mit hörbarer Krepitation	1	5	6
--------------------------------	---	---	---

davon mit tastbarer Krepitation	1	5	6
---------------------------------	---	---	---

Kasuistik

Patient F., Bernhard

29 Jahre. Diagnose: freier Gelenkkörper am Ellenbogengelenk lateral. Der Patient bemerkte seit Monaten, daß bei gebeugtem Ellenbogengelenk und starker Pronationsbewegung lateral dem Olekranon eine erbsgroße Hautvorwölbung auftritt. Zeitweilig trat auch eine Hemmung der Streckbewegung im Ellenbogengelenk auf. Die Abbildungen 14 a u. b zeigen das Operationspräparat des freien Gelenkkörpers. Bei Anlegen des Stethoskops und Provokation der beschriebenen Erscheinung ist ein Heraus-treten des Gelenkkörpers hörbar: als wenn ein Lichtschalter gekippt würde. Das dargestellte Geräuschbild war beliebig wiederholbar.

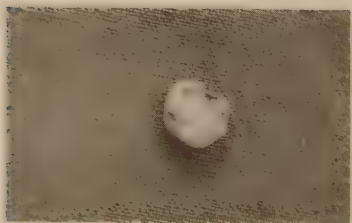


Abb. 14a u. b

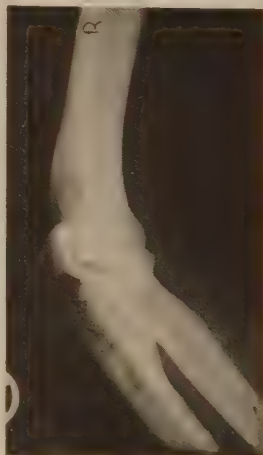


Abb. 14c

Abb. 14d



Patientin B., Therese

78 Jahre, Ellenbogenfraktur suprakondylär mit Verschraubung beider Kondylen und des Olekranon. Nach Gipsabnahme Beweglichkeit nur 30 Grad. Während des gesamten Bewegungsablaufes viele path. Geräusche in Form von Knistern, Reiben, Krachen. Die groben Geräusche dürften auf inkongruente Gelenkflächen zurückzuführen sein. Nach Entfernen der Schrauben bleibt das Gelenkgeräusch weiterhin pathologisch, hat jedoch einen veränderten Charakter.



Abb. 15a

Abb. 15b
(mit Schrauben)

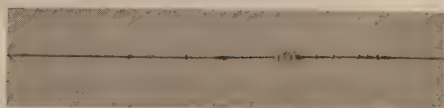
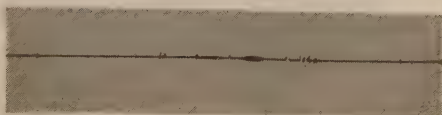


Abb. 15c
(nach Entfer-
nung der
Schrauben)



Normalgeräusch des Ellenbogens

am gesunden, bei Beuge- und Streckbewegung zeigt sich verhältnismäßig wenig Geräusch. Bei Rotationsbewegungen der Hand hingegen wird das Gelenkgeräusch sehr stark, wahrscheinlich durch die Drehbewegung des Radiusköpfchens und auf Grund der zahlreichen Gelenkflächen, die an dieser Bewegung mit beteiligt sind.

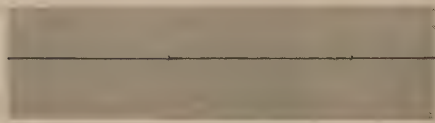


Abb. 16a (Normalgeräusch am Ellenbogen)



Abb. 16b (Geräusch bei Rotation)

Patientin A., Maria

81 Jahre. Auch am Ellenbogengelenk trifft man Arthrosen an, die an die Arthrose des Kniegelenks erinnern. Der Auskultationsbefund ist entsprechend.



Abb. 17a

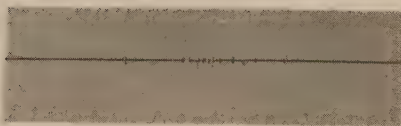


Abb. 17b
(kranke Seite)

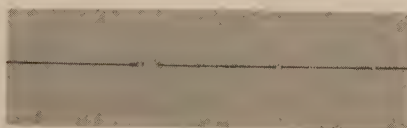


Abb. 17c
(gesunde Seite
zum Vergleich)



Abb. 19 (Fixation des Mikrofons
zur Untersuchung der Geräusche des
Hüftgelenks).

Gelenkgeräusche an den unteren Extremitäten

Gelenkgeräusche des Hüftgelenkes

Einleitung

Das häufige Auftreten von krankhaften Veränderungen am Hüftgelenk gibt Anlaß zu besonders intensiver Untersuchung der Gelenkgeräusche. Bei den Versuchen sollte hauptsächlich geklärt werden, ob pathologische Gelenkgeräusche einem positiven Röntgenbefund vorausgehen.

Die Untersuchung des Hüftgelenks auf Gelenkgeräusche wird erschwert durch die Tatsache, daß dieses Gelenk im Vergleich zum Kniegelenk beinahe stumm ist. Das Hüftgelenk ist von einem starken Weichteilmantel umgeben, der Gelenkgeräusche schluckt. Weiterhin bietet sich während der Bewegung kein ruhiger, knochennaher Punkt zur Befestigung des Stethoskops oder Mikrofons an. Der von den Gelenkflächen zurückgelegte Weg ist zu kurz, so daß nur wenige Geräusche entstehen können. Zuletzt besteht noch die Gefahr, daß die bei geringer Mitbewegung im Kniegelenk entstehenden Geräusche, die besonders laut sind, das leise Geräusch im Hüftgelenk übertönen oder ein Geräusch des Hüftgelenks vortäuschen.

Methodik

Um die erwähnten Schwierigkeiten zu umgehen, wurde eine besondere Auskultationstechnik gewählt:

1. Der Patient liegt auf einer festen, geraden Unterlage.

2. Das Gelenk wird passiv vom Untersucher bewegt.
3. Das Gelenkgeräusch wird über dem proximalen Tibiaende abgehört. Hier wird das Prinzip der Knochenleitung über den Femur und über das Kniegelenk hinweg ausgenützt. Der Tonabnehmer wird mit einem breiten Gummiband fixiert.
4. Um die lauten Bewegungen des Kniegelenkes während der Auskultation auszuschalten, wird das Hüftgelenk bei gestrecktem Knie untersucht. Es wurden nur Beuge- und Streckbewegungen ausgeführt, ausnahmsweise auch Ab- und Adduktion, da bei diesen Bewegungen das Kniegelenk in geringem Maße zwangsläufig mitbewegt wird.

Untersuchtes Patientenqu

1. Patienten, bei denen röntgenologisch eine Arthrose nachweisbar war.
2. Patienten, bei denen auf Grund der Schmerzangabe eine Arthrose zu vermuten war, insbesondere bei solchen, bei denen eine präarthrotische Deformität vorlag.
3. Patienten ohne Beschwerden, im Alter von etwa 20 bis 60 Jahren (normale, gesunde Hüftgelenke).

Allgemeine Ergebnisse

Das gesunde Hüftgelenk ist bei der angewandten Untersuchungstechnik stumm, das heißt es sind keine Geräusche nachweisbar. Sind Geräusche nachweisbar, dann ist das Hüftgelenk immer krank, meist im Sinne einer Arthrose. Der Auskultationsbefund am Hüftgelenk unterscheidet sich hiermit von allen anderen Gelenken, die auch ohne krankhafte Veränderungen Gelenkgeräusche zeigen.

zu Punkt 1:

Untersuchungen an Patienten mit röntgenologisch nachweisbarer Arthrose

An diesen Gelenken sind Geräusche erst dann hörbar, wenn die Arthrose schon deutlich fortgeschritten ist. Auch bei Patienten, bei denen bei der klinischen Untersuchung eine Hüftgelenksarthrose mit Sicherheit zu diagnostizieren war, war der Auskultationsbefund oft negativ. Insofern ist die Untersuchung des Geräuschbefundes, wie zuerst erhofft, zur Frühdiagnose nicht geeignet.

zu Punkt 2:

Wir hatten fünf Patienten, bei denen langzeitige Fehlstellungen des Schenkelhalswinkels, Genu valgum und varum, Zust. nach Oberschenkelfraktur, Deformität der LWS feststellbar waren. Der Auskultationsbefund war in keinem Falle positiv.

zu Punkt 3:

Wie bereits erwähnt, ist das gesunde Hüftgelenk stumm.

Tabelle 4 zeigt einen Vergleich des Röntgenbefundes mit dem Krepitationsbefund bei 23 Patienten verschiedener Altersstufen. Man erkennt, daß positive Befunde erwartungsgemäß hauptsächlich bei älteren Patienten zu erwarten sind. Von 14 Patienten der Gruppe 60 bis 90 Jahren hatten 8 Patienten eine röntgenologisch erkennbare Arthrose, bei nur 5 Patienten war eine Krepitation hörbar. Zu erklären ist diese Erscheinung mit der starken Weichteilumhüllung und der geringen Beweglichkeit des Hüftgelenks.

	bis 40 Jahre	40 - 60 J.	60 - 90 J.
=====			
geröntgte Hüften	3	6	14
davon positiv	0	2	8
davon mit hörbarer Krep.	0	1	5
davon mit tastbarer Krep.	0	0	0

Kasuistik

Patientin L., Maria

74 Jahre. Untersuchung ca. 1 Jahr nach Implantation einer Rotationsendoprothese Christiansen links wegen Schenkelhalsfraktur. Während die Auskultation der rechten Hüfte als Zeichen einer geringgradigen Gelenkspaltverschmälerung ein leichtes Reibegeräusch ergibt, ist die linke Hüfte völlig stumm. Die letzte Abbildung zeigt das homogene Reibegeräusch einer mit Gleitflüssigkeit versehenen Endoprothese *in vitro*: das hier nachweisbare Geräusch wird *in vivo* von den umgebenden Muskelmassen verschluckt.



Abb. 20a



Abb. 20b (rechts)

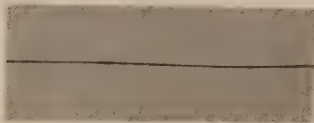


Abb. 20c (links)



Abb. 20d (Endoprphese in vitro)

Patient S., Ludwig

40 Jahre. Einseitige Hüftgelenksarthrose links mit pilzförmiger Verbreiterung des Kopfes. Der Auskultationsbefund entspricht dem Röntgenbefund: das grobe Reibegeräusch ist bei Bewegungen in der Hüfte auch am Kniegelenk gut tastbar.



Abb. 21a

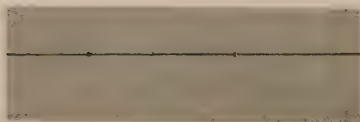


Abb. 21b
rechts zum Vergleich



Abb. 21c
linke Seite

Patientin S., Centa

78 Jahre. Ebenfalls einseitige Hüftgelenksarthrose mit starker Bewegungseinschränkung und Nachtschmerz. Auch hier wird die Krepitation fortgeleitet und noch über dem Kniegelenk tastbar. Das rechte Hüftgelenk ergibt auskultatorisch einen Normalbefund.

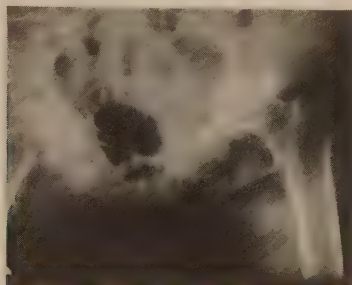


Abb. 22a



Abb. 22b Vergr. re.

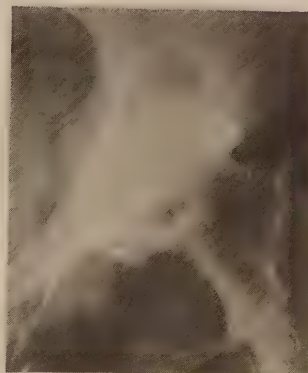


Abb. 22c Vergr. li.

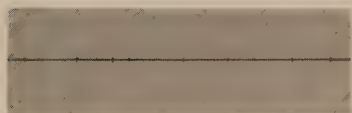


Abb. 22d (rechts)



Abb. 22e (links)

Patientin T., Barbara

73 Jahre. Beidseitige Hüftgelenksarthrose, beidseitig pathologischer Auskultationsbefund.

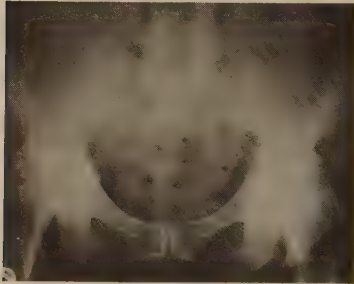


Abb. 23a

Abb. 23b (links)

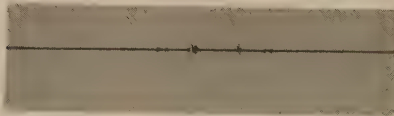


Abb. 23c (rechts)



Gelenkgeräusche am Kniegelenk

Am Kniegelenk ergeben sich mit Abstand die interessantesten Geräuschbefunde. Dies hat folgende Ursachen:

1. Es ist der Untersuchung leicht zugänglich, die Geräusche sind gut hörbar.
2. Es ist ein mit dem Körpergewicht belastetes Gelenk im Gegensatz zu den Gelenken der oberen Extremitäten.
3. Es ist in gewissem Maße eine Lokalisation der Geräusche möglich.
4. Das Kniegelenk ist sehr anfällig für die Arthrose, weiterhin für Verletzungen und entzündliche Veränderungen.

Schon mit dem unbewaffneten Ohr kann das laute Krepitationsgeräusch bei Beuge- und Streckbewegungen vernommen werden. Legt man bei der Untersuchung die Hand auf das untersuchte Gelenk, so kann meist lokalisiert werden, daß das Geräusch an der Patella entsteht.

Methodik

Wird die Untersuchung am liegenden Patienten ausgeführt, so bewegt der Untersucher das entsprechende Bein des Patienten. Es muß allerdings gesagt werden, daß nur ein geringer Anteil der untersuchten Patienten fähig war, das untersuchte Bein wirklich passiv und entspannt zu lassen. Bei einer anderen Art der Untersuchung sitzt der Patient auf einer hohen Liege und bewegt das Bein aktiv: diese Art der Untersuchung ist weniger problematisch. Das Stethoskop oder Mikrofon kann entweder am Kniegelenk z. B. über dem proximalen Tibiaende fixiert oder besser von Hand an die zu untersuchende Stelle angehalten werden.



Abb. 24 (Anlegen des Tonabnehmers
am Kniegelenk, hier am med. Ge-
lenkspalt)

Lokalisationen der Untersuchung waren:

1. Über der Patella, 2. Über dem medialen, 3. Über dem lateralen Gelenkspalt.

Material

Untersucht wurden Gelenke mit folgenden Erkrankungen: Arthrose, Kniegelenksergüsse, Z. n. Frakturen des Ober- und Unterschenkels, Meniskopathien.

Ergebnisse

Das gesunde Kniegelenk zeigt in der Regel wenig Gelenkgeräusche. Um zu erfahren, wie sich die Gelenkgeräusche in den verschiedenen Altersstufen verhalten, wurden für Probanden im Alter von

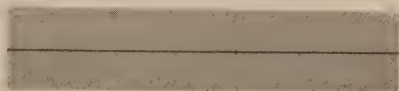
0 bis 10 Jahren

10 bis 40 Jahren

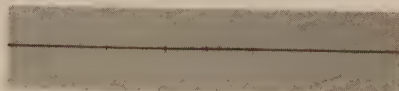
40 bis 60 Jahren

60 bis 83 Jahren

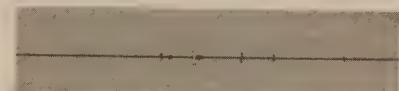
Vergleichsgruppen gebildet.



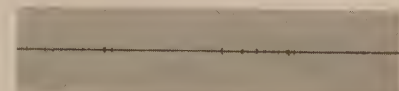
Gesundes Kniegelenk, typisch für die erste Gruppe



Gesundes Kniegelenk, typisch für die zweite Gruppe



Gesundes Kniegelenk, typisch für die dritte Gruppe



Gesundes Kniegelenk, typisch für die vierte Gruppe

Es stellte sich heraus, daß die Gelenkgeräusche am Kniegelenk mit steigendem Alter kontinuierlich zunehmen, und zwar sind beim Neugeborenen in der Regel überhaupt keine Geräusche feststellbar. In der Altersstufe von 40 bis 60 Jahren ist eine sprunghafte Zunahme der Gelenkgeräusche feststellbar. Zu erwähnen ist noch, daß zum Altersvergleich nur Patienten herangezogen wurden, die weder präarthrotische Veränderungen aufwiesen noch Schmerzen oder Unfälle angaben.

Kniegelenke mit arthrotischen Veränderungen bieten das dankbarste Untersuchungsmaterial. Man kann allein durch Auflegen der Hand besonders auf die Patella die Krepitation fühlen. Der Hörbefund ist dann entsprechend: Knistern, Reiben, Krachen.

Die häufigsten Befunde finden sich an der Patellarückfläche. Die Veränderungen des Geräuschbefundes an der Patella scheinen denen im Gelenkinnenraum um Jahre voranzugehen. Weiterhin fällt auf, daß im Falle der Kniegelenksarthrose der Geräuschbefund des kontralateralen Gelenkes oft gleichartig ausfällt, obwohl dann dort nur geringe oder gar keine Beschwerden angegeben werden. Ähnlich verhält es sich auch mit dem Röntgenbefund: ein dem Röntgenbild nach arthrotisches Kniegelenk zeigt zwar das erwartete starke Gelenkgeräusch, nicht aber werden auch zwangsläufig über entsprechende Schmerzen geklagt.

Bei dieser Gelegenheit soll darauf hingewiesen werden, daß die Diagnose "arthrotisches Kniegelenk" oft schon vom äußeren Aspekt vermutet werden kann: neben den präarthrotischen Deformitäten wie Genu

valgus oder varus, Beinverkürzungen o. ä. sind die Patienten oft Übergewichtig, das Knie ist keulenförmig aufgetrieben, die Konturen verstrichen.



Abb. 25
Arthrotisches Knie

Bei Kniegelenksergüssen ist, wie bei anderen Gelenken auch, eine Verminderung des Gelenkgeräusches feststellbar. Wir konnten bei einem Patienten, bei dem nach einem Hämarthros des Kniegelenkes ca. 20ml Flüssigkeit punktiert wurde, eine Annäherung des Kniegelenkgeräusches an das des kontralateralen Gelenks beobachten.

Allgemein verhält es sich bei Gelenkerguss so, daß bei geringem Gelenkerguss zuerst die feineren Gelenkgeräusche verschwinden, also etwa das Reiben und Quietschen: es verbleiben die gröberen Geräusche, die dann bei zunehmendem Erguss ebenfalls verschwinden können.

Meniskusverletzungen und Bänderrisse. Hier konnten keine besonderen Befunde erhoben werden, allenfalls durch begleitenden Erguss ein allgemein vermindertes Gelenkgeräusch.

Kniegelenksverletzungen. Es zeigte sich während der Beobachtungszeit eine Impressionsfraktur des lat. Femurkondylus. Der Bereich der geschädigten Knorpelfläche lag nicht im artikulierenden Bereich, auch lag ein starker Erguss vor. Bei einer mit Drahtumschlingung versorgten Patellafraktur konnten erwartungsgemäß auch nach der Heilung starke Geräusche über der Patella wahrgenommen werden. Es wäre hier interessant, diese Art der Patellarfrakturversorgung mit anderen Methoden zu vergleichen, insbesondere auch in Bezug auf Schmerzangaben und späterer Arthrosehäufigkeit. Einen besonderen Befund konnten wir bei einem Patienten erheben, der ein Hämarthros 2 Jahre vor der Untersuchung angeben konnte: im Vergleich zum kontralateralen Gelenk war eine deutliche zusätzliche Komponente feiner Reibegeräusche zu verzeichnen, ein Befund, der als diffuse Schädigung der Knorpeloberfläche durch Bluteinwirkung und Ruhigstellung gedeutet werden könnte.

Tabelle 3 zeigt einen Vergleich des Röntgenbefundes mit dem Krepitationsbefund bei 72 Patienten verschiedener Altersstufen. Am Kniegelenk scheint der Röntgenbefund dem Krepitationsbefund Überlegen zu sein. Der Grund hierfür scheint die sichere Beurteilbarkeit auch geringer Veränderungen im Röntgenbild zu sein, (z. B. Innenbandansätze), zum anderen die Tatsache, daß auch das gesunde Knie einen altersentsprechenden Geräuschbefund aufweist.

bis 40 Jahre 40 bis 60 J. 60 bis 80 J.

=====

geröntgte Knie-	31	23	18
gelenke			
davon positiv	2	5	11

davon mit hör-			
barer Krepita-	1	3	17
tion			

davon mit tast-			
barer Krepita-	0	3	17
tion			

Kasualistik

Patient B., Arthur

24 Jahre. Oberschenkelfraktur 1972, jetzt leichte Achsenabweichung um ca. 15 Grad im Sinne einer Varusstellung. Beinverkürzung um ca. 7 cm. Schmerzen im Kniegelenk.

Vermehrter Geräuschbefund am lat. Gelenkspalt im Vergleich zum med. Gelenkspalt und vor allem im Vergleich zum kontralateralen Kniegelenk. 1981 an beginnende arthrotische Veränderungen des Gelenkknorpels als Folge der präarthrotischen Deformität senken. Das Röntgenbild zeigt noch keine Veränderungen am Gelenkspalt.



Abb. 26a

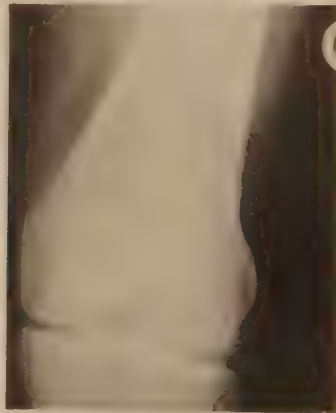


Abb. 26b (Ausschnitt)

Abb. 26c
med. Gelenkspalt



Abb. 26d
lat. Gelenkspalt



Patientin E., Therese

52 Jahre. Erguss nach Sturz auf das Kniegelenk. Ballotment der Patella. Das Gelenkgeräusch über der Patella ist nahezu aufgehoben, wahrscheinlich wegen vermehrter Flüssigkeitsansammlung zwischen den Gelenkflächen. Die Untersuchung am kontralateralen Gelenk zeigt einen altersentsprechenden Befund.

Abb. 27a
Kniegelenk mit
Erguss

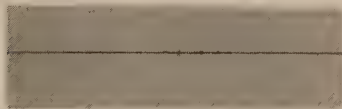


Abb. 27b
Vergleich
kontralaterale
Seite



Patientin B., Anni

Das Röntgenbild zeigt eine einheitliche Versmälnerung des Gelenkspaltes bei fehlender Randzackenbildung und fehlender Verkalkungserscheinungen. Typisch für diese Veränderung scheint eine Bevorzugung höherer Geräuschkomponenten zu sein. Siehe aber dagegen:

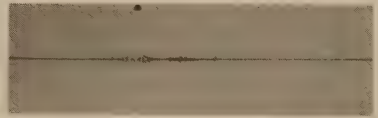


Abb. 28b

Abb. 28a

Patientin B., Anna

Bei noch ausreichend weitem Gelenkspalt und kräftiger Randspornbildung sind hier vereinzelte, grobe, gut tastbare Gelenkkrepitationen nachweisbar.

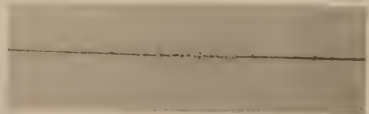


Abb. 29b

Abb. 29a

Patient D., Ibrahim

20 Jahre. Trotz mehrjähriger Osteomyelitis im distalen Viertel des Oberschenkels zeigt das Geräuschbild keine Abweichung von der Norm.



Abb. 30

Patientin N., Barbara

Verstärktes Gelenkgeräusch am lateralen Gelenkspalt. Das Röntgenbild zeigt den lat. Gelenkspalt mit Kalkschattenbildung im lat. Meniskus.

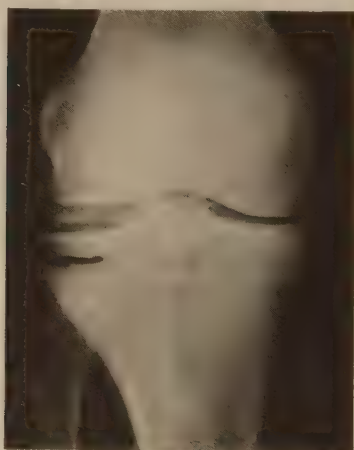


Abb. 31a



Abb. 31b (lat.)



Abb. 31c (med.)

Patientin L., Kreszenz

Hier war eine deutliche Seitendifferenz zwischen med. und lat. Gelenkspalt zu hören. Das Röntgenbild zeigt den medialen Gelenkspalt wesentlich verschmälert. Narbe medial, wahrscheinlich Menisk-ektomie.



Abb. 32a

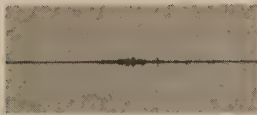


Abb. 32b (lat.)

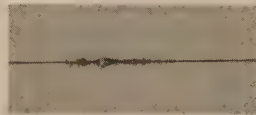


Abb. 32c (med.)

Patientin P., Regina

Hier zeigt sich die Arthrose, wie üblich, hauptsächlich an den retropatellaren Gelenkflächen. Im Auskultationsbild überwiegt erwartungsgemäß das über der Patella aufgezeichnete Gelenkgeräusch, im Vergleich zum andersartigen Gelenkgeräusch am medialen und lateralen Gelenkspalt.

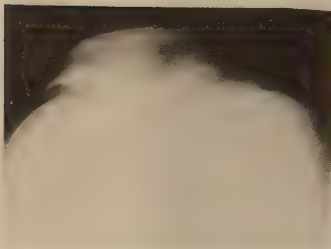


Abb. 33a

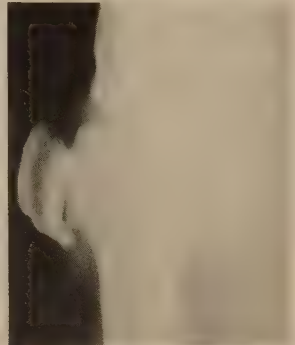


Abb. 33b

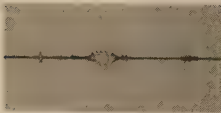


Abb. 33c (über Patella)



Abb. 33d (med.)



Abb. 33e (lat.)

Patientin W., Anna

82 Jahre. Hochgradige Kniegelenksarthrose mit genu varum und Z. n. Entfernung des med. Meniskus. Der Auskultations- und auch der Tastbefund ist eindrucksvoll: lautes Reiben und Knirschen über das ganze Kniegelenk. Während gewöhnlich über der Patella die stärksten Geräusche hörbar sind, ergeben sich hier auch am med. und lat. Gelenkspalt Geräuschbefunde, die sich deutlich von denen der Patella unterscheiden: an der Geräuschbildung ist auch das Tibiofemoralgelenk wesentlich beteiligt. Die letzte Abbildung zeigt das Geräuschbild desselben Kniegelenks, jedoch ca. 10 Tage nach Einspritzung einer Kortikoid-Kristallsuspension in das Gelenk. Die feinen Gelenkgeräusche sind weitgehend verschwunden, es verbleiben jedoch die gröberen Geräuschanteile.



Abb. 34a



Abb. 34b

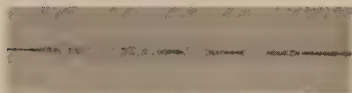


Abb. 34c (med.)

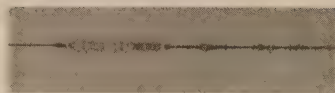


Abb. 34d (lat.)

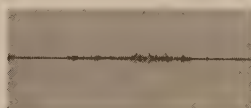


Abb. 34e

Sehnengeräusche

Einleitung

Sehnengeräusche sind zu erwarten bei der Tendovaginitis crepitans, weiterhin bei allen anderen krankhaften Veränderungen an den Sehnen und Sehnnenscheiden oder bindegewebigen Umhüllungen, also folgenden Krankheiten: Gicht, rheumatische Erkrankungen, Karpaltunnelsyndrom, Z. n. operativen Eingriffen an den Sehnen wie Sehnennaht oder -plastik, degenerativen Veränderungen wie die Dupuytren'sche Erkrankung, Stellen starker Belastung an Widerlagern, wie z. B. am Handgelenk.

Weiterhin ist bei geduldigem Untersuchen bei Bewegungen jeder Sehne ein Geräusch nachzuweisen. Da die Geräuschuntersuchung an Stellen ohne Bewegung stattfindet, im Gegensatz zu den Untersuchungen an Gelenken, ist die Untersuchung einfacher. Für die Untersuchung in Frage kommen folgende Sehnen:

Sehnen der langen Fingerstrecker und -beuger. Hier kommen alle oben genannten Krankheiten in Frage. Weiter die Endsehne des M. quadriceps femoris, hauptsächlich hörbar bei starker Belastung in Beugestellung des Kniegelenks: die Sehne gleitet dann mit hohem Auflagedruck über den Femur.

Sehnen der Zehenstrecker und -beuger. Auffällige Geräusche ergeben sich hier bei der Gicht des Zehengrundgelenkes und allenfalls bei Infektionen, die die Sehnenscheiden mitbetreffen.

Methodik der Untersuchung

Das Sehnengeräusch der gesunden Sehne wird hervorgerufen durch Bewegung der entsprechenden Extremität. Das Stethoskop oder Mikrofon wird ohne Gewicht auf den untersuchten Sehnenabschnitt aufgelegt. Legt man zum Beispiel ein Stethoskop über die Strecksehne des Zeigefingers in Höhe der Mittelhand, so wird man bei aktiver Bewegung ein leises Rauschen hören. Läßt man die Bewegung sehr langsam ablaufen, so ist bei Beginn der Bewegung eine kurze knarrende Bewegung hörbar. Dieser Effekt ist erklärbar durch die Vermutung, daß der Schmier-
effekt der Synovialflüssigkeit erst ab einer bestimmten Geschwindigkeit des Bewegungsablaufes eintritt.

Das Sehnengeräusch bei krankhaft veränderten Sehnen

Es zeichnet sich aus durch ein rauh quietschendes Geräusch, das in seiner Intensität von Krankheit zu Krankheit verschieden ist. Eine Verminderung des Sehnengeräusches analog dem Gelenk bei Erguss tritt bei der Sehne nicht auf.

Kasuistik

Das Sehnengeräusch bei Tendovaginitis crepitans, hier an der Streckseite des rechten Vorderarmes lokalisiert. Bei Bewegungen der Finger lautes Reiben und Quietschen, das bis zum Handrücken hin hörbar ist. Zum Vergleich die gesunde linke Seite, hier ist ein Geräusch nur durch eine beschleunigte Bewegung der Finger provozierbar.

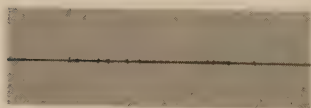


Abb. 35a (Vergleich)

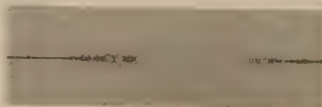


Abb. 35b

Das Sehnengeräusch bei Morbus Dupuytren. Das Mikrophon wurde mit leichtem Druck an die Innenhand angelegt. Man hat den Eindruck, daß die Bewegung der Sehne nur ruckweise vonstatten geht, etwa im Sinne eines Zahnradphänomens. Zum Vergleich das Sehnengeräusch der kontralateralen Hand, die auch schon erste krankhafte Veränderungen zeigte.



Abb. 36a (Vergleich)

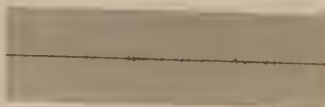


Abb. 36b

Patient F., Konrad

Hier wurde 4 Wochen nach Sehnennaht (Prolene Nr. 2) das Sehnengeräusch überprüft (Abb. 37b). Die Nahtstelle ist nicht tastbar, die Bewegung nahezu schmerzfrei. Dennoch läßt sich im Vergleich mit der kontralateralen Seite eine Seitendifferenz dokumentieren (Abb. 37c). Die Abbildung 37a zeigt das Operationspräparat 5 Wochen nach der Primärnaht bei einer Revision.



Abb. 37a

Abb. 37b

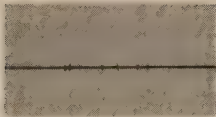
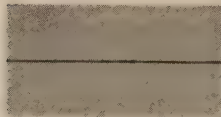


Abb. 37c



Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen wurden unabhängig von den Arbeiten von Oehl, Bohnenberger, Heinckelmann u. a. (3, 4, 42, 43) begonnen. So erklärt sich auch, daß die Schwerpunkte der Betrachtungen sehr verschieden sind.

Während obige Autoren eine gründliche Frequenzanalyse, Nachweis der Reproduzierbarkeit der erhaltenen Befunde und andere technische Grundlagen lieferten, legte ich den Schwerpunkt meiner Untersuchungen auf die praktische Verwertbarkeit der Geräusch- bzw. Krepitationsbefunde an den einzelnen Gelenken. Dies entspricht auch dem Ursprung der Arbeiten: dort ein Institut für experimentelle Chirurgie, hier ein Kreiskrankenhaus mit einem gemischten Patientengut. Nach (3) weist das Frequenzband des gesunden Gelenks bei 100 bis 150 Hz ein Maximum auf. Bei arthrotischen Gelenken liegen die Geräuschfrequenzen höher: 180 bis 300 Hz. Diese Meßwerte stimmen durchaus mit eigenen Beobachtungen überein: das Reiben arthrotischer Gelenkflächen mit vermindertem oder geschädigtem Knorpelbelag und veränderter Gelenkschmiere erscheint dem Ohr in höherer Tonlage als die Geräusche des gesunden Gelenks.

Der naheliegende Weg der Auskultation mittels des Stethoskopes (oder Auflegen der Hand auf das untersuchte Gelenk) hat den Vorteil einfacher Handhabung, unmittelbarer erlebnishafter Wahrnehmung und enger Verbindung zwischen Arzt und Patient. Wenn in dieser

Arbeit dennoch eine graphische Aufzeichnung vorgenommen wird, so geschieht dies lediglich zum Zwecke der Darstellung. Im Gegensatz zu den Autoren (3, 43) halte ich jede apparative Anwendung im Vergleich zum letztlichen Nutzen für zu aufwendig. Die Aufzeichnung der Gelenkgeräusche ist in Bezug auf den Arbeitsaufwand und Aussagekraft keinesfalls zu vergleichen z. B. mit der Phonokardiographie oder gar mit dem EKG.

Es stellt sich die Frage, wodurch denn eigentlich die Gelenkgeräusche erzeugt werden.

Es wurde im Kapitel Kniegelenk ja bereits darauf hingewiesen, daß Gelenkgeräusche an Gelenken mit mehreren artikulierenden Flächen (z. B. Handgelenk) keinen Krankheitswert haben, ja daß beim Gesunden das Gelenkgeräusch hier etwa der Anzahl der artikulierenden Flächen entsprechend zunimmt. Am Beispiel Handgelenk kann man sich vorstellen, daß die einzelnen Gelenkflächen an den Rändern leichte Stufen bilden, und bei der Überwindung oder Überspringen dieser Stufen das für dieses Gelenk typische Geräusch entsteht.

Es ist sicher anzunehmen, daß an jeder gesunden, glatten Gelenkfläche Geräusche entstehen, diese können aber von der darüberliegenden Muskel- und Fettgewebeschicht völlig verschluckt werden, wie beim Gelenkgeräusch einer Hüftprothese demonstriert wurde.

Sicher spielt auch die Zusammensetzung und die Menge der Gelenkschmiere eine Rolle: Castor u. a. (5) führen dies auf eine Verminderung des Poly-

merisationsgrades der Hyaluronsäure zurück. Re-fior u. a. (55, 56) hat Gelenkflächen nach ar-
tifiell erzeugter Arthrose licht- und elektronen-
mikroskopisch untersucht: im Anfangsstadium fanden
sich parallel angeordnete, wulstartige Strukturen,
sowie flächenhaft wahllos angeordnete runde bis
ovale Einsenkungen, die entblößten Kollagenbündeln
bzw. geschädigten Chondrozyten entsprechen sollen.
Im Endstadium bestehen makroskopisch sichtbare Ul-
zerationen des Knorpels (61), mikroskopisch Zell-
schrumpfungen und Zerstörung der Kollagenfasern
des Knorpels.

Zum näheren Verständnis der Morphologie des arthro-
tischen Gelenkknorpels und auch des gesunden Knor-
pels soll der Aufbau kurz beschrieben werden (2, 8),
er besteht aus drei Bausteinen: Kollagen, Knorpel-
zellen und einer amorphen Grundsubstanz, in die das
Kollagen und die Knorpelzellen eingebettet sind. Die
Kollagenfasern verlaufen in der Knorpeloberfläche
tangential, biegen von dort in schrägem Verlauf in
das Knorpelgewebe ein und erreichen die Zone des
kalzifizierten Knorpels im rechten Winkel. An der
Knorpeloberfläche überwiegt das Kollagen, in den
tieferen Zonen die Knorpelgrundsubstanz. Diese Knor-
pelgrundsubstanz wird von den Knorpelzellen produ-
ziert.

Der Abbau der Knorpelgrundsubstanz kann durch En-
zyme der Chondrozyten selbst geschehen, und zwar
u. a. durch das Katespin-D, das in der Lage ist,
mit der Knorpelgrundsubstanz zu reagieren (1, 7,
10, 11, 19). Weitere Substanzen, die den Abbau

des Knorpels bewirken, entstammen aus Leukozyten (21, 32, 52, 58, 60, 61) und dem rheumatischen Pannus.

Der Abbau der Kollagenfibrillen kann durch Enzyme von Chondrozyten nicht bewerkstelligt werden (12, 13). In Granulozyten wurde eine Kollagenase nachgewiesen (34), so erklärt sich, daß bei eitrigen Arthritiden hochgradige und in kurzer Zeit ablaufende Zerstörung des Gelenkknorpels beobachtet wird (6, 25, 27, 28, 61).

Bei Druck auf gesundes Knorpelgewebe kommt es zu einer momentanen Deformierung, die bei Druckentlastung auf Grund der Elastizität des Knorpels sofort wieder verschwindet. Erst bei stärkerem Druck entsteht durch Auspressen von Wasser eine temporäre Deformität, ähnlich wie beim Beinödem (8).

Ähnlich dem Knochen ist auch der Knorpel in der Lage, sich der jeweiligen Belastungssituation anzupassen und umzubauen: so ist beim embryonalen Knorpel, der noch keinen Belastungen ausgesetzt war, folgendes Bild zu finden: Knorpelzellen befinden sich gleichmäßig über das gesamte Knorpelgewebe verstreut, auch ohne überdeckende Kollagenschicht auf der Knorpeloberfläche. Die Oberfläche ist nicht glatt.

Bei einsetzender Belastung werden die oberflächlichen Chondrozyten soweit mit Kollagen überlagert, daß sie nicht mehr an der Gelenkoberfläche nachweisbar sind (46, 47, 51).

Aber auch am Gelenk des Erwachsenen läßt sich ein

verschiedener Bau ein- und derselben zusammenhängenden Gelenkfläche nachweisen: an Stellen der Belastung besteht die Gelenkfläche überwiegend aus Kollagenbündeln, während Stellen ohne Belastung durchaus noch den Aufbau des unbelasteten embryonalen Knorpels mit Zellvorwölbungen aufweisen können (2).

Die Ernährung des Knorpels erfolgt

1. Über die Gefäße der Gelenkkapsel
2. Über die Gefäße des subchondralen Knochens (31, 33), wobei der zweite Weg nur noch bei noch wachsenden Individuen mit noch offenen Wachstumsfugen möglich sein soll (30, 37).

Es ist so verständlich, daß bei der Pathophysiologie des Knorpels die Gelenkkapsel eine ganz entscheidende Rolle spielt. Die pars synovialis der Gelenkkapsel nämlich ist neben der Produktion der Synovia in der Lage, Sauerstoff und andere Nährstoffe für den Knorpel zu erzeugen, die mit Hilfe der Synovialflüssigkeit als Transportmittel an den Gelenkknorpel gelangen. Man kann sich so leicht vorstellen, daß jede Schädigung der Gelenkkapsel selbst oder Veränderungen des Gelenkraumes oder des Transportmittels eine Schädigung des Knorpels und eine Voraussetzung zur Arthrose sein kann.

Es kommen also von Seiten der Gelenkkapsel folgende Schädigungsmöglichkeiten des Knorpels in Frage:

1. Schädigung der Gelenkkapsel selbst durch Unfall o. ä.

2. Hämarthros: hier Störung des Nährstoffan- und abtransportes (15, 45, 50)

3. Erguß: durch intraartikuläre Druckerhöhung Störung der Sekretion und Resorption von Gelenknährstoffen bzw. Stoffwechselprodukten (33)

4. Rheumatische Schädigung der Gelenkkapsel
Nicht zu vergessen sind die anderen Ursachen der Arthroseentstehung: die erbliche Prädisposition, die präarthrotische Deformität, die Schädigung des Gelenks durch Unfall mit Inkongruenz der Gelenkflächen (18, 20, 53, 60), die Zerstörung der Gelenkknorpeloberfläche durch Enzyme (z. B. der Leukozyten).

Von nicht unerheblicher Bedeutung für die Gelenkfunktion und die Qualität der Gelenkgeräusche ist der Zustand der Gelenkschmiere. Der Viskositätsgrad der Synovia nimmt im Alter ab, was seine Ursache in der verminderten Produktion von Hyaluronsäure hat. Die Hyaluronsäure wird von den Synoviozyten produziert, diese befinden sich auf der dem Gelenkinnenraum zugewandten Oberfläche der Gelenkkapsel. Man kann sich vorstellen, daß das arthrotische Geräusch durch eine dünnflüssige Gelenkschmiere verstärkt werden kann, wohingegen eine stark visköse Gelenkschmiere kleine Unebenheiten ausgleicht und das Gelenkgeräusch vermindert.

Der Substrattransport von der Synovia zum Knorpel wird neben der Diffusion hauptsächlich durch aktive Durchmischung, bewirkt durch Bewegung des Gelenkes, bewerkstelligt. Eine Schädigung der Knorpeloberfläche bei längerer Immobilisierung auch ohne Druckauswirkung wurde ausföhr-

lich beschrieben und nachgewiesen (9, 28, 38, 39, 44, 47).

Untersucht man nun ruhiggestellte Handgelenke auf das Gelenkgeräusch, so ist eigentlich ein verstärktes Geräusch zu erwarten: Tatsache ist jedoch, daß das Gelenkgeräusch am ruhiggestellten Gelenk (z. B. nach Gipsabnahme) vermindert ist (siehe auch Untersuchungen am Handgelenk).

Ein weiterer Schädigungsmechanismus des Gelenkknorpels besteht im Druck der (ruhiggestellten) Knorpelflächen gegeneinander. Endzustand ist Verlust des Gelenkknorpels bis hin zum knöchernen Überbau (55, 56, 59).

Im Gegensatz zum Druckschaden kann auch geringe Gelenkflächenbelastung oder Distraction des Gelenks einen Knorpelschaden herbeiführen (23, 24, 25, 28, 40).

Am Ellenbogen waren mir Beobachtungen der Gelenkgeräusche bei massiven Verletzungen der Knorpeloberfläche, auch in größeren Zeitabständen möglich. Mit zunehmender Heilung und geringeren subjektiven Beschwerden war hier eine langsame Verminderung des Gelenkgeräusches feststellbar. Wie der Knorpel nach Verletzung regeneriert, ist in Tierexperimenten untersucht: (16, 48, 49). Von den oberflächlichen Zellen des Gelenkknorpels ausgehend kommt es zunächst zur Bildung eines zell- und kollagenreichen Ersatzgewebes, das im Tierversuch gesetzte Defekte einer Breite von 0,5mm ausfüllen kann. Über Zwischenstufen entsteht etwa nach einem Vierteljahr ein Gewebsverband, der als Faserknorpel anzusprechen ist (8). Die Fähigkeit zur Regeneration

nimmt mit zunehmendem Alter ab. Gleichzeitig mit dem Wiederaufbau des Knorpelgewebes scheint auch ein Abbau stattzufinden. Am Rande des Knorpelschadens kommt es zum Absterben von Chondrozyten und zur Clusterbildung (Knorpelzellhaufen, die in der Peripherie durch Zellteilung wachsen, im Zentrum aber zugrunde gehen (17)). Überwiegen die regenerativen Vorgänge, so kann es zur Ausheilung kommen, Überwiegen die degenerativen Vorgänge, kommt es zur Arthrose.

Nach Menishektomien wird Knorpelgewebe zur Artikulation herangezogen, das zuvor Stützfunktion hatte. Der Knorpel des Tibiakopfplateaus ist dem echter Gelenkflächen verschieden, weil er durch unterschiedliche Belastung und Funktion eine andere Ausdifferenzierung erfahren hat (8). Spätharthrosen werden auf zu frühe Belastung des zur Artikulation noch ungeeigneten Knorpels zurückgeführt (8). Wir selbst konnten an einer menishektomierten Patientin diesen Befund mit einseitiger medialer Arthrosebildung und entsprechend verändertem Gelenkgeräusch feststellen.

Auf die Möglichkeit einer Gelenkschädigung bei belasteten Gelenken und Zustand nach gelenknahen Frakturen mit Achsenfehlstellung wird von mehreren Autoren hingewiesen (8, 18, 20, 60).

Als Ursache der Arthroseentstehung wird das Mißverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit eines Gelenkteils, Druckschädigung der Chondrozyten oder Insuffizienz der Gelenkschmierung angenommen. Wir hatten zwei jüngere Patienten, bei

denen eine Kniegelenksarthrose mit großer Sicherheit auf kniegelenknahe Frakturen zurückzuführen ist (siehe Kapitel Gelenkgeräusche an den unteren Extremitäten).

Zusammenfassung

Es wurden Geräusche gesunder und kranker Gelenke abgehört und aufgezeichnet. In dieser Arbeit wurden 171 Fälle, bei denen Röntgenbilder vorhanden waren, berücksichtigt.

Das Knie- und Ellenbogengelenk zeigt schon im Stadium der Präarthrose noch vor dem positiven röntgenologischen Befund pathologische Gelenkgeräusche. Eine Lokalisation der Geräusche ist möglich.

Das gesunde Hüftgelenk ist bei seiner Bewegung stumm, ein Geräuschnachweis am Hüftgelenk weist immer auf eine Arthrose hin.

Knie-, Ellenbogen- und besonders das Handgelenk haben auch im Normalzustand Gelenkgeräusche. Bei Erguß verschwindet der höherfrequente Anteil, wahrscheinlich auf Grund einer Erweiterung des Gelenkspaltes. Bei Gichtanfall findet sich ein typisches, lautes Reiben, bei der Tendovaginitis crepitans ein Reiben und Quietschen. Weitere spezielle Befunde bei freien Gelenkkörpern, HWS-Syndrom, Z. n. Frakturen, werden erwähnt.

Literatur: Untersuchungen der Technischen Universität München, Institut für experimentelle Chirurgie, wurden mit unseren Ergebnissen verglichen und diskutiert: die vorgelegten Untersuchungen legen den Schwerpunkt auf die klinische Anwendung und Diagnostik des Geräuschbefundes.

Der Geräuschbefund geht dem Röntgenbefund oft voraus, besonders an der Halswirbelsäule und am Ellenbogengelenk. Es wurde die Bedeutung des Tastbefundes am bewegten Gelenk herausgestellt und mit Auskultations- und Röntgenbefund verglichen: er dürfte für die tägliche Praxis ausreichend sein.

Literaturverzeichnis

1. ALI, S. Y.: The degeneration of cartilage matrix by an intracellular protease. *Biochem. J.* 93, 611 (1964).
2. BENNINGHOFF, A.: Form und Bau der Gelenkknorpel in ihren Beziehungen zur Funktion. *Z. wiss. Biol. Abt. B, Z. Zellforschung* 2, 783 (1925).
3. BIRK, M.: Elektronische Spektralanalyse von Kniegelenksgeräuschen. Diplomarbeit am Inst. f. techn. Elektronik, Inst. f. Experimentelle Chirurgie, Techn. Univ. Mchn. (1975).
4. BOHNENBERGER, J.: Aufzeichnung u. Analyse von Darm- und Kniegelenksgeräuschen. Diplomarbeit am Institut für techn. Elektronik, Techn. Univ. Mchn. (1974).
5. CASTOR, C. W., Prince, R., Hazelton, M. J.: Hyaluronic acid in human synovial effusions; a sensitive indicator of altered connective tissue cell function during inflammation. *Arthr. and Rheumat.* 9, 738 (1966).
6. CAYGILL, I. C., Pitkeathly, D. V.: A study of β -acetylglucosaminase and acid phosphatase in pathological joint fluids. *Ann. rheum. Dis.* 25, 137 (1966).
7. CHRISMAN, D. D., Fessel, J. M.: Enzymatic degradation of chondromuco protein by cell-free extracts of human cartilage. *Surg. Forum* 13, 444 (1962).
8. COTTA, H., Puhl, W.: Pathophysiologie des Knorpelschadens. Hefte zur Unfallheilkunde 127, (1976).

9. COTTA, H.: Die Pathogenese der Gonarthrose.
Z. Orthop. 111, 490 (1973).

10. COTTA, H.: Pathophysiolog. Reaktionen der Gelenke.
Verh. dtsh. orthop. Ges. 51, 263 (1964).

11. COTTA, H.: Das Arthroseproblem unter Berücksichtigung
neuer Ergebnisse der Bindegewebforschung.
Med. Klinik 60, 1566 (1965).

12. CURTISS, P. H., Klein, L.: Destruction of articular
cartilage in septic arthritis. J. Bone Jt. Surg.
45 A, I (1963).

13. CURTISS, P. H., Klein, L.: Destruction of articular
cartilage in septic arthritis. J. Bone Jt. Surg.
47 A, II (1965).

14. DUSTMANN, H. O., Puhl, W., Martin, K.: Der Einfluß
intraartikulärer Arterparoninjektionen bei Arthrose -
Z. Orthop. 112, 1188 (1974).

15. DUSTMANN, H. O., Puhl, W., Schulitz, K. P.:
Knorpelveränderungen beim Hämarthros unter besonderer
Berücksichtigung der Ruhigstellung. Arch. orthop.
Unfall-Chir. 71, 148 (1971).

16. DUSTMANN, H. O., Puhl, W.: Altersabhängige Heilungs-
möglichkeiten von Knorpelwunden. Z. Orthop.

17. DUSTMANN, H. O., Puhl, W., Krempien, B.: Das
Phänomen der Cluster im Arthroseknorpel. Arch. Orthop.
Unfall-Chir. 79, 321 (1974).

18. DUSTMANN, H. O., Schulitz, K. P., Puhl, W.:
Der Schienbeinkopfbruch als Präarthrose. Z. Orthop.
112, 637 (1974).

19. FESSEL, J. N., Chrisman, O. D.: Enzymatic
degradation of chondromucoprotein by cell-free
extracts of human cartilage. Arthr. and Rheum.
7, 393 (1964).

20. FRIEDEBOLD, G.: Die posttraumatische Arthrose. Hefte zur Unfallheilkunde 110, 127 (1971).
21. GREILING, H., Kisters, R., Engels, G.: Die Enzyme in der Synovialflüssigkeit und ihre pathophysiologische Bedeutung. Enzymologie 30, 135 (1966).
22. GROETHELER, K.: Grenzen und Möglichkeiten der Diagnostik entzündlicher Kniegelenkserkrankungen durch Punktion und Exzision. Z. Orthop. 92, 275 (1959).
23. HACKENBROCH, M. H.: Gelenkveränderungen unter dosierter Druckminderung im Tierversuch. Z. Orthop. 112, 667 (1974 a).
24. HACKENBROCH, M. H.: Biopolymere und Biomechanik von Bindegewebssystemen. 7. Wissenschaftliche Konferenz Deutscher Naturforscher und Ärzte. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1974 b.
25. HACKENBROCH, M. H., Springer, H.-H.: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Frage der Reversibilität destruktionsbedingter Gelenkveränderungen. Z. Orthop. 112, 140 (1974).
26. HAMERMAN, D., Janis, R., Smith, C.: Cartilage matrix depletion by rheumatoid synovial cells in tissue culture. I. exp. Med. 126, 1005 (1967).
27. HAMERMAN, D., Sandson, J., Schubert, M.: Biochemical events on joint disease. J. chron. Dis. 16, 835 (1963).
28. HARRISON, M. H. M., Schajowicz, F., Trueta, J.: Osteoarthritis of the hip: A study of the nature and evolution for the disease. J. Bone Jt. Surg. 53 B, 589 (1953).
29. HIRSCH, J. G., Cohn, Z. A.: Leucocyte lysosomes. Cell-bound Antibodies, 15, (1963).
30. HODGE, J., McKibbin, N.: The nutrition of mature and immature joint cartilage in rabbits. J. Bone Jt. Surg. 51 B, 140 (1969).

31. INGELMARK, B. E., Saaf, J.: Über die Ernährung des Gelenkknorpels. Acta orthop. scand. 17, 303 (1948).

32. JANOFF, A., Blondin, J.: Depletion of cartilage matrix by a neutral protease fraction of human leucocyte lysosomes. Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.) 135, 302 (1970).

33. LANG, I.: Anatomische, funktionell wichtige Baumerkmale der Gelenkinnenhaut. Verh. dtsh. orthop. Ges. 46, 323 (1959).

34. LAZARUS, G. S., Daniels, J. R., Brau, R. S., Bladen, J. A., Fullmer, H. M.: Degradation of collagen by a human granulocyte collagenolytic system. I. Clin. Invest. 47, 2622 (1968).

35. MANKIN, H. J., Lippiello, L.: The turnover of adult rabbit articular cartilage. J. Bone Jt. Surg. 51 A, 1591 (1969).

36. MANKIN, H. J., Lippiello, L.: Biochemical and metabolic abnormalities in articular cartilage from osteo-arthritic human hips. J. Bone Jt. Surg. 52 A, 424 (1970).

37. MAROUDAS, A., Bullough, P., Swanson, S. A. V., Freeman, M.: The permeability of articular cartilage. J. Bone Jt. Surg. 50 B, 166 (1968).

38. MATTHIAS, A. H.: Die Reaktion der Gelenke auf Behandlungsmaßnahmen. Verh. dtsh. orthop. Ges. 51. Kongr. 335 (1964).

39. MATTHIAS, A. H., Glupe, J.: Immobilisation und Druckbelastung in ihrer Wirkung auf die Gelenke. Arch. orthop. Unfall-Chir. 60, 380 (1966).

40. MORSCHER, E.: Resultate der subkapitalen Keilosteotomie bei der Epiphyseolysis capitis femoris. Z. orthop. 49, 256 (1961).

42. DEHL, R., Krueger, P., Bohnenberger, J.:
Phonoarthrographie, ein neuer Weg in der Gelenkdiagnostik.
Vortrag auf der 91. Tagung der Deutschen Gesellschaft
für Chirurgie. München 1974.
43. DEHL, R., Bohnenberger, J., Heinckelmann, W.,
Petrowicz, C.: Zur Technik der Phonoarthrographie. Med.
Welt 25, 47 (1974).
44. PUHL, W.: Die Alterung des Bindegewebes und ihr
Einfluß auf den Haltungs- und Bewegungsapparat.
Aktuelle Gerontologie 3, 2. Stuttgart: Thieme 1973.
45. PUHL, W., Dustmann, J. O.: Der Einfluß intra-
artikulärer Trasylolinjektionen beim Hämarthros -
Tierexperimentelle Untersuchungen. Z. Orthop.
110, 42 (1972).
46. PUHL, W.: Die Mikromorphologie gesunder Gelenk-
knorpeloberflächen. Z. Orthop. 112, 262 (1974 a).
47. PUHL, W.: Die Mikromorphologie der Gelenkknorpel-
oberfläche - rasterelektronenmikroskopische Unter-
suchungen an normalen und pathologisch veränderten
Gelenkflächen. Habilitationsschrift Heidelberg 1972.
48. PUHL, W., Dustmann, H. O.: Die Reaktionen des
Gelenkknorpels auf Verletzungen - Tierexperimentelle
Untersuchungen. Z. Orthop. 111, 494 (1973).
49. PUHL, W., Dustmann, H. O., Quosdorf, U.: Tier-
experimentelle Untersuchungen zur Regeneration des
Gelenkknorpels. Arch. orthop. Unfall-Chir. 74,
352 (1973).
50. PUHL, W., Dustmann, H. O., Schulitz, K. P.:
Knorpelveränderungen bei experimentellem Hämarthros.
Z. Orthop. 109, 3, 475 (1971).
51. PUHL, W., Iyer, V.: Sem observations on the
structure of the articular cartilage surface in normal
and pathological condition. Scanning Electron
Microscopy 1973 (Part III).
Proceeding of the Workshop and Scanning Electron
Microscopy in pathology. III Research Institute.
Chicago, Illinois 60616, U.S.A. - April 1973.

52. PUHL, W.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Frage früherer Knorpelschädigungen durch leukozytäre Enzyme. Arch. orthop. Unfall-Chir. 70, 87 (1971).

53. PUHL, W.: Die Osteochondritis dissecans des Kniegelenkes als Präarthrose. Z. Orthop. 112, 634 (1974 b).

54. PUHL, W., Dustmann, H. O.: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Beeinflußbarkeit der Arthrose durch intramuskuläre Gabe von Arteparon.

55. REFIOR, H. J.: Tierexperimentelle Untersuchungen zum Verhalten der Mikroarchitektur des hyalinen Gelenkknorpels unter Druck-Belastung. Habil.-Schrift München 1973.

56. REFIOR, H. J., Hackenbroch, M. H.: Die Reaktion des hyalinen Gelenkknorpels unter Druck, Immobilisation und Distraction. Hefte zur Unfallheilkunde 127, 23 (1976).

57. SCHULITZ, K. P., Dustmann, H. O., Puhl, W.: Die Entwicklung der posttraumatischen Arthrose am Beispiel des Schienbeinkopfbraches. Arch. orthop. Unfall-Chir. 76, 136 (1973).

58. STOCKWELL, R. A.: Changes in the acid glycosaminoglycan content of the matrix of ageing human articular cartilage. Ann. rheum. Dis. 29, 509 (1970).

59. WALCHER, K., Stürz, J.: Weitere Beobachtungen zur Frage der Regenerationsfähigkeit hyalinen Knorpels. Arch. Chir. 331, 1 (1972).

60. WEISSMAN, G., Spilberg, J.: Breakdown of cartilage proteinpolysaccharide by lysosomes. Arth. and Rheum. 11, 162 (1968).

61. ZIFF, M., Gribetz, H. J., Lospalluto, J.: Effect of leucozyte and synovial membrane extracts on cartilage mucoprotein. J. clin. Invest. 36, 1 (1960).

62. ZOLLINGER, Pathologische Anatomie, B. II, 451, Thieme, Stuttgart 1969.

LEBENS LAUF

Am 28. Juni 1944 wurde ich als Sohn des Landwirts Johann Friedrich Michael und seiner Frau Gertrud in Hohengöhren-Damm im Kreis Havelberg geboren. Von 1950 bis 1958 besuchte ich die Volksschule in Tangermünde an der Elbe und in München.

1959 begann ich in München eine Kaufmännische Lehre, die ich nach drei Jahren beendete. Es folgte eine Tätigkeit als Werbekaufmann.

1964 besuchte ich das Abendgymnasium für Berufstätige in München, die Reifeprüfung bestand ich dort 1968.

Das Studium der Medizin begann ich im gleichen Jahr, ebenfalls in München, das Staatsexamen legte ich im Dezember 1974 an der Universität München ab. Die Approbationsurkunde erhielt ich im Februar 1976.

1975 arbeitete ich als Medizinalassistent im Kreiskrankenhaus Nittenau/Opf. und im Kreiskrankenhaus Burglengenfeld/Opf. 1976 war ich als Assistenzarzt wieder in Nittenau tätig. Seit Januar 1977 arbeite ich als Assistenzarzt in der Frauenklinik Dr. Roth in München.

1972 heiratete ich meine Frau Sonja, wir haben ein Kind.

